

Такие признаки, как категория пород по буримости и выход керна, являются в предлагаемой классификации косвенными, их величина является примерной. Автор не счел необходимым выделять минеральные соли в отдельную группу, но, учитывая особый характер этих пород, выделил их в виде подгруппы.

В производственных условиях отнесение пород к той или иной группе легко сделать по изучению керна и шлама породы.

Пригодность классификации для учебного проектирования проверена в течение нескольких лет, после чего в нее были внесены необходимые коррективы.

### **Библиографический список**

1. **Инструктивные** указания по отбору керна при колонковом бурении геологоразведочных скважин. — Л.: Недра, 1970. — 44 с.
2. **Сулакшин С.С.** Современные способы и средства отбора проб полезных ископаемых. — М.: Недра, 1970. — 248 с.
3. **Пономарев П.П., Каулин В.А.** Отбор керна при колонковом бурении. — Л.: Недра, 1989. — 256 с.
4. **Каулин В.А., Пономарев П.П.** Технология отбора керна при бурении скважин в аномально сложных условиях. — М., 1991. — 66 с. (Техника, технол. и орг. геол.-развед. работ: Обзор / ВИЭМС. МГП «Геоинформарк»)
5. **Юшков А.С.** К оптимизации классификаций основных свойств пород для выбора техники и технологии бурения // Тезисы докладов 2-го международного симпозиума по бурению разведочных скважин в осложненных условиях. — Санкт-Петербург, 1992. — С. 13.
6. **Юшков А.С.** О необходимости пересмотра классификаций основных свойств пород для выбора технических средств и технологии бурения // Совершенствование техн. и технол. бурения скважин на твердые полезные ископаемые. — Вып.16. Межвуз.науч.-тематич.сборник. — Екатеринбург, УГГА, 1993. — С. 56–61.

© Юшков А.С., 2003

УДК 622.25+622.831

Кандидаты техн. наук **ФОРМОС В.Ф., БОРЩЕВСКИЙ С.В.**, студ. **ДРЮК А.А.** (ДонНТУ), **БОРОДУЛЯ Н.Ф.** (зам.гл.инж. ГОАО «Трест Донецкшахтопрходка»)

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ КРЕПЛЕНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ**

Значительное уменьшение в последнее время объемов и темпов проходки стволов стало причинами отставания в подготовке новых горизонтов, реконструкции угольных шахт в рентабельные сроки, усложнения схем их проветривания и подземных транспортных систем. Интенсификация сооружения шахтных стволов ставит ряд проблем, из которых важнейшей является повышение экономичности, технологичности и надежности крепления.

Опыт проходки вертикальных стволов убедительно показывает, что тип крепи, технология и механизации ее возведения (предопределяют скорости проходки, в значительной степени влияют на качество горно-проходческих работ и производительность труда проходчиков.

За последние 50 лет скорость проходки стволов возросла почти в 5 раз и достигает более 100 м/мес., примером служит фланговый ствол шахты им.А.Ф.Засядько. Сложнее обстоит вопрос с конструкцией крепи стволов.

Практика свидетельствует, что, несмотря на определенные технические достижения в этом, крепление стволов остается материало- и трудоемким, малопроиз-

водительным и имеет значительную строительную стоимость. Стоимость сооружения стволов составляет 35...50% стоимости горных выработок шахты, а затраты на материалы для крепления превышают 70...80% их стоимости. Обусловлено это тем, что с переходом горных работ на глубины 500...1300 м значительно ухудшились условия их ведения, в связи с чем проектная несущая способность крепи повышена в 2 раза, затраты металла и бетона выросли в 1,5...2,0 раза, трудоемкость выросла в 2...2,5 раза, а производительность труда уменьшилась в 1,3...1,8 раза. Несмотря на значительные финансовые и материальные затраты на сооружение стволов, в том числе и на крепление, согласно данных НИИОМШС, почти 48% стволов угольных шахт имеют деформированное крепление, а 50% их сопряжений с горизонтальными выработками требуют срочного ремонта [1].

Состояние, которое сложилось в отставании сооружения стволов угольных шахт, в значительной степени связано с диспропорциями в экономике и очень незначительными лимитированными капиталовложениями в шахтное строительство. Невысокий уровень технико-экономических показателей крепления стволов обуславливается, прежде всего, низкой научной обоснованностью проектирования строительства, разработок по техническим и технологическим решениям, что сдерживает рост показателей эффективности и ресурсосбережения, ослаблением производственной базы шахтостроительных организаций.

Фундаментальные исследования последних лет в сфере механики горных пород и подземных сооружений позволяют утверждать, что поиск и разработка новых решений по креплению шахтных стволов должны осуществляться в первую очередь не за счет повышения материалоемкости и несущей способности крепи, а главным образом, за счет создания комбинированных охранных конструкций стволов, которые бы обеспечивали общесистемное управляемое воздействие регулятивными средствами на повышение несущей способности пород и крепи, имели бы субоптимальные параметры и снижали бы неравномерные асимметричные нагрузки на стволы.

Существующая методика определения нагрузок на крепь и её расчет на прочность, разработанные УкрНИМИ и регламентированные СНиП П-84-80 «Подземные горные выработки» усложняют технологию сооружений стволов и сопряжений. Начиная с глубины 800–890 м нагрузки на крепь, определенные по этим методикам; оказались настолько большими, что обычные бетонные крепи толщиной до 500 мм по расчету их не выдерживали. Появились проекты мощных железобетонных конструкций, возведение которых оказалось невозможным увязать со скоростной проходкой стволов.

С позиций геомеханики строительство вертикальных стволов намного проще, чем сооружение горизонтальных и наклонных выработок.

1. Ствол проходится вкрест простирания пород. Сравнительными шахтными инструментальными наблюдениями, проведенными в штреках и квершлагах, установлено, что выработки, проведенные вкрест простирания, намного устойчивее выработок, пересекающих массив по простиранию.

2. Напряженное состояние породного массива, ослабленного вертикальной выработкой, формирует напряжения, действующие в горизонтальной плоскости. А эти напряжения составляют только часть массы вышележащей толщи:  $\sigma_r = \lambda \gamma H$  ( $\lambda$  — коэффициент бокового распора пород,  $\gamma H$  — масса вышележащей толщи).



3. Осесимметричное распределение напряжений в породах, вмещающих круглый ствол, обуславливает равномерное смещение контура выработки и всестороннее обжатие кольцевой крепи, следовательно, ее новышпенную несущую способность.

4. Тангенциальные напряжения на контуре незакрепленного ствола в условиях осесимметричной задачи могут достичь значения  $\sigma_a = 2\lambda\gamma H$  ба (здесь 2 — коэффициент концентрации напряжений). Так, на глубине 1000 м при значении  $\lambda = 0,7$  эти напряжения составят примерно 35 МПа. С ростом глубины пористость пород уменьшается, а прочность несколько увеличивается и в большинстве случаев такими напряжениями они разрушены не будут.

5. Сползающий породный вывал, который может возникнуть в местах локального ослабления массива, оказывает меньшее влияние на крепь ствола, чем, например, вывал в своде горизонтальной выработки.

Таким образом, геомеханическая обстановка, возникающая при строительстве стволов, менее сложная, чем при сооружении горизонтальных выработок. Этим объясняется тот факт, что монолитная бетонная и набрызг-бетонная жесткая крепи, как правило, не разрушаются и достаточно надежно поддерживают ствол. Наблюдаемые деформации крепи стволов чаще всего вызваны подработкой охранных целиков, коррозией бетона внешними агрессивными агентами или грубыми нарушениями технологии работ по креплению.

В случае разрушения пород в окрестности ствола, приводящего к смещениям контура выработки и проявлениям горного давления, вряд ли применение железобетонной крепи можно считать оптимальным решением вопроса поддержания выработки. Свидетельством этому является печальный опыт крепления горизонтальных капитальных выработок глубоких шахт в Донбассе жесткими замкнутыми железобетонными крепями из двутавровых балок с бетонным заполнением. Эти выработки на большинстве шахт (им.М.Горького ГХК «Донецкуголь», им. В.М.Бажанова, Щегловская ГХК «Макеевуголь» и др.) пришлось перекреплять, в то время как более легкая податливая металлическая крепь из спецпрофиля с железобетонной затяжкой в этих же условиях работала достаточно надежно. На современном уровне развития геомеханики ясно, что железобетонными жесткими крепями удержать смещения контура глубокой выработки невозможно. Поэтому в сложных геомеханических ситуациях применяют конструкции крепи, дающие возможность породному массиву сместиться на определенную величину внутрь выработки: податливые металлические и ограниченно-податливые железобетонные крепи (рамы из спецпрофиля, которые за зоной интенсивных смещений заполняются бетоном), Ново-Австрийский метод крепления, допускающий временную деформацию набрызг-бетонной крепи с последующим ее восстановлением и усилением и т.д.

Непонятны причины, побудившие специалистов в области крепления вертикальных стволов оставаться на позициях тридцатилетней давности и предложить мощные железобетонные конструкции для крепления глубоких стволов и участков сопряжений.

Не подвергая ревизии методику определения нагрузок на крепь и ее расчета на прочность, регламентированную СНиП II-94-80, можно отметить следующее:

— на достигнутых глубинах 1000–1400 м породы, вмещающие вертикальные выработки, как правило, не разрушаются и не оказывают существенного давления на крепь, а нагрузка, в основном, может создаваться давлением подземных вод;

— если в окрестности вертикальной выработки формируется область разрушенных пород, то предотвратить процесс ее образования жесткой крепью даже с повы-

шенной несущей способностью не удастся и в этих случаях целесообразно использовать опыт крепления выработок ограниченно-податливыми крепями.

Еще в 1962 г. Ф.Мор (ФРГ) убедительно доказал, что в случае разрушения пород необходимо в стволах применять податливую крепь или жесткую с податливой забутовкой. Такая ограниченно-податливая крепь показала высокую работоспособность в условиях большого давления при креплении стволов шахт, «Спика» и «Поллукс», расположенных в районе нескольких сбросов. Податливая забутовка состояла из пустотелых бетонных блоков, имевших прочность вдвое меньшую, чем несущий жесткий цилиндр крепи. Блоки, разрушаясь, давали возможность породному контуру ствола сместиться до 5 см.

В качестве аналогичного решения для крепления стволов, пересекающих участки неустойчивых пород, можно рекомендовать податливую крепь из монолитного бетона, предложенную МАИ и ГОАО Трестом «Донецкшахтопроходка» [2]. Крепь возводится в забое выработки и обеспечивает податливость без введения дополнительных податливых элементов. Она представляет собой бетонную оболочку, в которой у внешнего контура по периметру в процессе возведения выполняются полости-пустоты. Эти пустоты образуются путем установки в опалубке специальных закладных деталей, например, из легкосминающегося пенопласта. Под действием смещающихся пород внешний, ослабленный пустотами слой бетонной крепи разрушается и сминается, а остальная (внутренняя) часть оболочки остается без изменения. Таким образом, крепь, работает в ограниченно-податливом режиме.

Очевидно, что такой режим работы обеспечивается определенным соотношением размеров крепи и пустот и характеризуется коэффициентом ослабления  $K$ :

$$K = \frac{l_n}{l_y + l_n},$$

где  $l_n$  — длина полости;  $l_y$  — длина бетонного целика между полостями.

Для крепи ствола минимальный коэффициент ослабления, при котором крепь начинает работать в податливом режиме, определяется формулой:

$$K_{min} = 0,5 \left( 1 + \frac{R_o^2}{R_1^2} \right),$$

где  $R_o$  — радиус ствола в свету;  $R_1$  — радиус кольца, по которому выполнены пустоты.

Заслуживает внимания комбинированная двухслойная крепь ДонУГИ, в которой внутренняя бетонная оболочка является грузонесущей, а внешняя (из пеноматериала) выполняет функции податливого элемента. Такая конструкция может быть возведена с помощью опалубки или путем последовательного набрызга на поверхность выработки вначале пенопласта, а затем бетона. В Германии известен опыт создания податливого слоя с помощью легкосминающихся стекловолоконистых матов.

Одним из перспективных направлений крепления вертикальных стволов шахт является применение комбинированных крепей с использованием анкеров, которые усиливают эффект принудительного сцепления основной крепи с массивом пород. В связи с этим, научное обоснование таких охранных конструкций и разработке технических регламентов, их применение, представляет актуальную научно-



техническую задачу, решению которой прикладывает все свои усилия сотрудники кафедры «Строительство шахт и подземных сооружений» ДонНТУ.

### **Библиографический список**

1. Левіт В.В. Геомеханічні основи розробки і вибору комбінованих способів кріплення вертикальних стовбурів у структурно-неоднорідних породах: Автореф. дис...докт.техн. наук: 05.15.04/НГАУ. — Дніпропетровськ, 1999. — 36 с.
2. Заславский Ю.З. К вопросу о креплении и скорости проходки вертикальных шахтных стволов. Тезисы докладов на Всесоюзном научно-техническом совещании. ЦНИЭИуголь, ЦБНТИ Минуглепрома УССР, 1984. — С. 30–33.

© Формос В.Ф., Борщевский С.В., Дрюк А.А., Бородуля Н.Ф., 2003

УДК 622.281.74

Кандидаты техн. наук ТЕРЕЩУК Р.Н. (НГУ, г.Днепропетровск), БОРЩЕВСКИЙ С.В. (ДонНТУ)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК**

Развитие угледобывающей отрасли требует постоянного внимания к ряду проблем, в том числе касающихся подземного комплекса работ. Повсеместное применение рамных податливых крепей из СВП (объемы этого вида крепи на шахтах Донбасса составляют 91,5%) не позволяет обеспечить безремонтного поддержания выработок, а традиционное управление их состоянием за счет изменения плотности установки рам, повышения податливости, применения тяжелых профилей лишь привело к росту материальных и трудовых затрат. При этом несущая способность горных пород, величина которой существенна даже за пределом прочности, почти не используется.

Основным условием обеспечения устойчивости подготовительных выработок является быстрый ввод крепи в работу и обеспечение хороших условий на контакте «крепь-порода». Как отмечается в работе [1], это в настоящее время один из главных вопросов в решении проблемы обеспечения устойчивости подготовительных выработок.

Анализ известных в отечественной и зарубежной практике технологических разработок в области крепления и поддержания выработок показывает, что одним из перспективных направлений решение вопроса обеспечения устойчивости капитальных и подготовительных горных выработок является применение анкерных систем, позволяющих достичь высоких темпов проведения выработок, снижения травматизма, обеспечить высокие технико-экономические показатели эксплуатации выработок.

Вместе с тем, объемы применения анкерных систем на шахтах Украины на сегодняшний день весьма незначительны и составляют несколько километров. Такое положение связано с осторожным отношением технического руководства шахт к непривычному виду крепи и объясняется рядом объективных причин, одна из которых — отсутствие общепризнанной методики расчета параметров анкерной крепи, отражающей реальные геомеханические процессы, происходящие в породном массиве в окрестности выработок.